

# 重型汽车冷却胶管渗漏原因分析及改进方法研究

李艳灿 刘曙光 肖鹏

(中国重型汽车集团济南卡车股份有限公司 山东 济南 250000)

**摘要:** 为了解决重型汽车冷却胶管渗漏问题,对暖风胶管的安装过程进行控制,本文对渗漏原因进行分析,同时针对胶管的材质、紧固卡箍、紧固工具等进行优化,提高胶管连接的可靠性,提高产品质量状态,降低胶管漏液的风险。

**关键词:** 冷却胶管;卡箍;渗漏;压缩永久变形量

## 0 引言

重型汽车通过冷却液的循环带走发动机缸体的热量来实现发动机缸体的降温,而冷却液通常是在胶管内进行流通。胶管内部液体的冷热交替使得胶管产生较大的变形,控制不当会发生冷却液渗漏情况,严重的将会导致冷却液全部流失,而引起发动机高温磨损,导致发动机报废,影响企业信誉和企业形象<sup>[1]</sup>。本文主要对重型汽车胶管内的冷却液渗漏原因及应对措施进行分析,提高车辆装配质量。

## 1 冷却胶管渗漏的原因分析及改进方法

冷却胶管渗漏现象较多,产生的原因也多种多样,归结起来主要包括卡箍有无自适应能力、胶管的压缩永久变形量、胶管之间的配合尺寸、紧固工具性能要求、胶管的质量状态等。

### 1.1 卡箍的自适应能力

目前国内重型汽车的卡箍普遍使用普通的蜗杆传动卡箍。该种卡箍没有自适应能力,无法随胶管的热胀冷缩而发生尺寸变化,导致卡箍和胶管、胶管和钢管之间出现微小的缝隙,进而产生渗漏情况。暖风胶管内流动的为液体,有热水且内部压力很大。在车辆运行过程中,内部压力大造成胶管膨胀,而卡箍保持原有的形状不变。待车辆冷却后,胶管冷缩,卡箍无弹性而保持形状不变,从而在胶管外径上留下一道深深的压痕,导致卡箍与胶管之间产生间隙,造成力矩严重衰减,从而产生漏液问题。

解决该问题的方式是使用具有补偿能力的恒定压力卡箍,主要包括带弹簧的T型螺栓卡箍、带蝶形簧片的重负荷型卡箍、带波形弹簧内圈的WaveSeal型卡箍、单耳无极卡箍等。

### 1.2 胶管的压缩永久变形量

胶管的压缩永久变形量是衡量胶管密封性能的重要参数。橡胶软管经过压缩后,当应力去除后,有一部分变形是无法恢复的,称之为压缩永久变形。压缩永久变形达到一定的状态,胶管的密封效果就会下降,从而产生漏液问题。

目前国内外对压缩永久变形量的标准不一。以国外某公司为例,其压缩永久变形量要求不超过30%,我国国标要求压缩永久变形量不超过50%,同时部分企业的内部标准存在低于国标的情况,以某公司为例,其压缩永久变形量要求为65%。这也是胶管漏液问题难以解决的一个重要因素。

胶管的压缩永久变形量受很多因素的影响,归结起来主要包括橡胶配方和生产工艺。橡胶配方中生胶的品种及各种配合剂的品种和用量不同,都会使硫化胶的各种性能包括压缩永久变形量产生较大变化。

改变胶管的配方、硫化方式及填充物等,均能从不同方面提升胶管的压缩永久变形性能<sup>[2]</sup>。

### 1.3 胶管之间的配合尺寸

胶管之间的配合尺寸状态包括间隙配合、过渡配合及过盈配合。其中对胶管配合间隙的要求为:将胶管套入管接头,能均匀无间隙配合。在确保能装配的情况下,允许存在一定的过盈配合,不应该出现间隙配合,以避免装配后出现漏液情况。

胶管连接部位应严禁出现配合间隙,以过盈配合为最优方案。过盈配合会出现连接困难的问题,可以在胶管与被连接件之间涂抹相应的加注液体进行润滑,如冷却胶管可以涂抹冷却液进行润滑。

### 1.4 紧固工具的选用

蜗杆传动卡箍的紧固普遍使用定值电动螺丝刀,

紧固卡箍的效果受到定值工具的性能的影响,如定值电动螺丝刀力矩的设定值、定值电动螺丝刀的转速等。定值电动螺丝刀转速越低,其转矩越大,紧固后的紧固力矩越大。目前某公司定值电动螺丝刀转速设定为290r/min。定值电动螺丝刀有可调转速和不可调转速两种,为了使用方便,应优先选择可调转速的电动螺丝刀。

定值电动螺丝刀另外一个重要的参数是紧固转矩,设定转矩越大达到的紧固效果越好,但是不能超过卡箍最大承受转矩,否则容易导致卡箍变形失效。转矩的大小可以根据卡箍箍带的宽度以及卡箍直径等因素来设定。

### 1.5 卡箍连接件之间的位置的确认

胶管连接在金属管或者塑料管(以下简称“被连接件”)上,卡箍位置如图1所示。其中被连接件套入胶管内的尺寸 $L$ 为胶管的有效连接长度,该长度决定胶管的密封效果<sup>[3]</sup>。卡箍固定位置应在安全线以内,安全线宽度以大于卡箍宽度4~6mm为准。卡箍边缘到胶管端部距离以及卡箍边缘到起鼓一侧的距离用 $a$ 表示, $a \geq 5\text{mm}$ 。则被连接件起鼓至端部距离 $L_{\min}=2a+c$ 。

当被连接件没有起鼓时,卡箍一侧到钢管一端的距离以及卡箍一侧到胶管端部的距离用 $a$ 表示, $a \geq 5\text{mm}$ ,被连接件端部至胶管端部之间的距离(即被连接件与胶管的连接距离) $L_{\min}=2a+c$ 。

当被连接件与胶管的连接尺寸有限时,可适当缩小软管安全线之间的距离 $c$ 。卡箍在紧固时,严禁将卡箍安装于起鼓位置。

### 1.6 被连接件表面尺寸的结构优化

被连接件普遍使用起鼓结构,这样在密封时就存在一个密封面;通过增加起鼓的数量来提高密封面的数量,使得胶管和被连接件出现波纹状连接面,可以提高密封效果。以某公司液力缓速器钢管为例,将连接件接头进行优化,提高了连接件的可靠性,目前已被广泛推广使用。被连接件表面结构改进为波纹状结构,对生产工艺水平要求较高,若加工凸起不平齐,仍然存在渗漏的风险。

### 1.7 卡箍紧固过程中应力的变化

在使用普通蜗杆传动卡箍紧固过程中,随着卡箍的缩紧,卡箍与胶管不断贴合,然后卡箍压迫并拉扯胶管向螺栓部位收缩,在卡箍螺栓部位形成压缩的状态,而在对侧则形成拉伸的状态,导致胶管在紧固件周边拉伸状态不一致。该情况的解决方法是使用单耳无极卡箍<sup>[4]</sup>。

单耳无极卡箍能够实现周向360°密封,同时该卡箍紧固后外观状态较好,能够适用于空间狭小的场合。但是存在只能一次性使用的不足。该卡箍可以通过卡箍钳进行手动安装,也可以通过专用启动工具进行安装,安装简单方便。

钢丝卡箍也具有相应的补偿能力,而且其价格较低,主要适用于起鼓位置较为明显的部位。因钢丝卡箍受力面只是周向的一圈,对胶管的质量状态要求较高。

### 1.8 胶管的质量状态

冷却胶管内壁或者被连接硬管外壁不平整时,在紧固卡箍后容易产生渗漏问题。

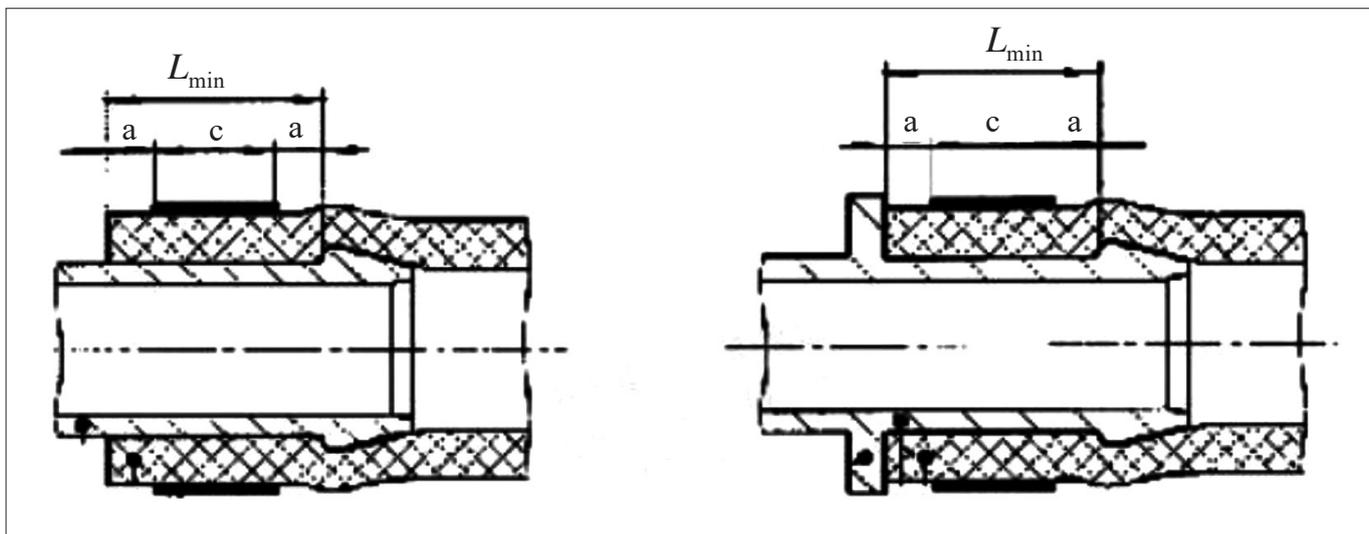


图1 卡箍安装位置示意图

当胶管内径较大且壁厚较小时（通常内径大于50mm，壁厚5mm），如果胶管的硫化工艺控制不好，容易在内部形成“水波纹”。“水波纹”在紧固压缩后会在周向形成不同的橡胶压缩量，并在轴向形成一条条微小的沟槽（图2），在使用过程中冷却液容易从该位置渗漏。适当地改进硫化工艺并增加壁厚，可消除水波纹现象。

当被连接硬管外壁出现划伤、磕碰、凹凸不平等现象时，在紧固卡箍后胶管与硬管结合面同样出现渗漏情况。在硬管表面需要喷漆时，需要使用高温油漆，避免油漆在使用过程中脱落，导致异物进入冷却系统产生磨损<sup>[5]</sup>。

以下水室胶管漏液为例，对拆卸的下水室胶管进行仔细观察，可见内部存在增强层水波纹（形成流水槽）、内部隆起、凹痕（不明显）等产品缺陷。查相应的行业标准（表1），要求不允许有增强层水波纹和折叠，可以通过改进加工工艺消除水波纹和折叠现象。

### 1.9 卡箍的力矩衰减

卡箍的紧固按照螺栓的力矩分配原则分析，其中仅有10%的预紧力转换为卡箍的周向束紧力，50%的预紧力转化为螺栓头部和紧固件表面之间的摩擦力，40%的预紧力转化为螺纹副之间的摩擦力。

力矩衰减是指拧紧后发生在紧固件上的力矩降低



图2 胶管内部水波纹和流水槽图

表1 胶管外观质量行业标准

序号	缺陷名称	一级品	合格品
1	外胶层（表面）杂质痕迹	深度不得大于0.5mm	深度不得大于0.8mm，超过者必须经过一次修理完善
2	外胶层搭缝痕迹和裂口	痕迹累计长度不得超过软管全长的3%，但应无裂口	痕迹累计长度不得超过软管全长的30%
3	外胶层气泡、碰破、露线、露增强层	不允许有	按软管长度计算，每5m长度允许有一处，但是需要经过一次修理完善
4	软管放置痕迹、凹痕	软管放置痕迹不得超过外周长的8%，不允许有凹痕	软管放置痕迹不得超过外周长的12%
5	增强层水波纹及折叠	不允许有	不允许有
6	水包布褶皱痕迹	轴向累计长度褶皱不得超过软管全长的3%	轴向累计长度褶皱不得超过软管全长的10%
7	胶管局部隆起	不允许有	在增强层不变形的情况下允许有一次修理完善
8	不圆度	不大于20%	不大于25%
9	内胶层厚度不均匀	不均匀度不得大于0.5mm（搭接头部位除外）	不均匀度不得大于0.8mm（搭接头部位除外）

现象。衰减后的力矩值低于目标值，一般操作完成后30ms内会完成60%以上的力矩衰减。即便是卡箍使用定值工具紧固，紧固后的力矩衰减现象仍然较为严重。

表2为对相应的力矩检测的结果。首先使用定值电枪进行紧固(6Nm)，然后检测力矩值(平均值3.8Nm)，再次使用数显扳手紧固至规定力矩(4.5Nm)，分别静置1min和2min，再次检测力矩，分别降低至4.25Nm和4.1Nm，说明力矩衰减严重。

解决该问题的方式是对卡箍进行二次紧固，提高卡箍紧固后的残余应力，从而提高卡箍对胶管的紧固效果。

## 2 结语

发动机冷却系统是保证车辆正常行驶的重要部分，

表2 卡箍力矩验证数据

单位: Nm

序号	使用定值电枪紧固后的检测力矩	使用数显扳手紧固后力矩	1min后检测力矩	2min后检测力矩
1	3.4	4.5	3.3	3.6
2	3.8	4.5	4.6	3.9
3	4.2	4.5	4.6	5.1
4	3.8	4.5	4.5	3.8
平均	3.8	4.5	4.25	4.1

其中的冷却胶管使用环境变化较大，是产生渗漏的主要部位。通过对冷却系统的设计结构、技术标准、产品质量状态以及紧固方式等方面进行提升，制定有效的控制措施，才能从根本上解决胶管漏液问题。同时整车冷却系统使用的胶管改进原则，同样适用于转向系统等有卡箍连接的部位。

## 参考文献:

- [1] 王俊翔, 朱熠, 王泽庆, 等. 汽车冷却胶管的试验研究及质量改进方法[J]. 汽车工艺与材料, 2020(02):43-47.
- [2] 罗权焜, 郭建华. 浅谈硫化橡胶的压缩永久变形性能[J]. 广东橡胶, 2006(11):12-18.
- [3] 戚坤. 卡箍性能有限元分析与测力仪研制[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2010.
- [4] 孙文涛, 孙珂. 关于重型载货汽车防冻液渗漏问题的分析与改进[J]. 汽车实用技术, 2017(16):204-206.
- [5] 李强, 杨少东, 屠振池. 某重型车辆发动机散热系统胶管开裂问题分析[J]. 汽车零部件, 2016(02):75-76.

作者简介: 李艳灿(1988.02-), 男, 汉族, 山东济宁人, 硕士研究生, 工程师, 研究方向: 重型汽车装配工艺。

